

¿QUÉ SE ENTRENA?



Universidad 2020

12^{do} Congreso Internacional
de Educación Superior

CURSO 19

¿QUÉ SE ENTRENA?

Bergelino Zaldivar Pérez

¿QUÉ SE ENTRENA?

Zaldivar Pérez, Bergelino

¿Qué se entrena? / Bergelino Zaldivar Pérez, coordinador y editor: Guillermo Jesús Bernaza Rodríguez – La Habana: Editorial Universitaria (Cuba), 1a. edición, 2020. – 43 páginas: bibliografía. – (14 x 21 cm.).

ISBN 978-959-16-4399-5 (PDF).

1. Bernaza Rodríguez, Guillermo Jesús, coordinador; 2. Cuba, Ministerio de Educación Superior; 3. Colección de Educación; 4. Educación superior.

II. Título.

III. Curso 19: Universidad 2020: Congreso Internacional de Educación Superior, 12.

CDD 378 - Educación superior.

Coordinador y editor: Dr. C. Guillermo Jesús Bernaza Rodríguez

Diseño de la cubierta: Lic. Romanda Selman-Housein

Editorial Universitaria. Calle 23 esquina a F., núm. 565. El Vedado, La Habana, CP 10400, Cuba. Teléfono (+537) 837 4538. Web:

<http://eduniv.reduniv.edu.cu>

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/legalcode>



TABLA DE CONTENIDOS

| | |
|--|----|
| Resumen..... | 7 |
| Autor..... | 9 |
| Introducción..... | 11 |
| Desarrollo..... | 15 |
| La contracción muscular..... | 27 |
| Número de unidades motrices activadas..... | 35 |
| Régimen de actividad de las unidades motrices..... | 36 |
| Relación en tiempo de la actividad de diversas unidades motoras..... | 38 |
| Bibliografía..... | 43 |

Resumen

El estudio multilateral de las particularidades de la “entrenabilidad” del organismo del deportista, en correspondencia con las tareas concretas que integran su proceso de preparación, debe tener en cuenta los factores objetivos que aseguran el incremento progresivo de su maestría, entre los cuales la adaptación funcional es elemento esencial.

El curso se orienta a precisar el comportamiento de la actividad orgánica como una respuesta adaptativa ante la agresión a la homeostasis que está presente en el entrenamiento deportivo, por lo que se insiste en las características del funcionamiento de los diferentes órganos y tejidos, de manera particular, y los estados que se presentan de manera global en todo el sistema

Autor

Bergelino Zaldivar Pérez. Profesor de Educación Física. Doctor en Ciencias Biológicas. Egresado de la antigua URSS, en 1997, se ha desempeñado como profesor principal de fisiología humana y del ejercicio en la UCCFD, en los niveles de pregrado y postgrado. Ha sido tutor de más de 20 tesis de doctorado y maestrías. Es vicepresidente del Tribunal Permanente para Ciencias de la Cultura Física. Ha publicado libros y artículos relacionados con su especialidad y presentado los resultados de sus investigaciones en diferentes eventos científicos. Ha cumplido compromisos docentes en universidades de América Latina, África y Europa.

Introducción

El estudio multilateral de las particularidades de la “*entrenabilidad*” del organismo del deportista en correspondencia con las tareas concretas que integran su proceso de preparación, debe tener en cuenta los factores objetivos que aseguran el incremento progresivo de su maestría, entre los cuales la adaptación funcional es elemento esencial, ya que explica la elevación de las posibilidades funcionales de trabajo del organismo vivo.

En este problema es necesario definir dos direcciones básicas. Una de ellas se relaciona con el estudio de del perfeccionamiento morfológico y funcional del organismo del deportista, considerando el alcance, ritmo y composición de los cambios adaptativos; la segunda, se vincula al estudio de las posibilidades del organismo para responder, con reacciones de adaptación equilibradas, ante una serie de influencias propias del proceso de entrenamiento.

En el primer caso, los resultados de las investigaciones se relacionan con el conocimiento de las reservas generales del organismo y con la búsqueda de su empleo durante el proceso de preparación del deportista, que se prolonga por años.

En el segundo, el problema radica en estudiar la capacidad de adaptación del organismo, es decir, su potencialidad adaptativa, de la cual el organismo dispone en uno u otro periodo de tiempo y cuya envergadura determina el tope de las posibilidades para una actividad orgánica dada. Las investigaciones en esta dirección constituyen la base objetiva para el perfeccionamiento de los principios de estructuración del entrenamiento, la determina-

ción de su contenido, el volumen y la racional distribución de las cargas.

Los aspectos relacionados con los mecanismos de adaptación que desarrolla el organismo ante las condiciones cambiantes del medio, son abordados por la biología y, particularmente, por la fisiología. En investigaciones diseñadas y desarrolladas en condiciones de laboratorio, se han realizado muchos trabajos que permiten tener una representación de las particularidades y manifestaciones concretas de estos mecanismos, en las condiciones específicas de la actividad deportiva del hombre.

En los casos en que se tomen como referencia los indicadores de la capacidad de trabajo especial, de manera relativa, durante todos los años de preparación del deportista, se puede observar que la conducta gráfica de los mismos se manifiesta de manera exponencial y tiende a mantenerse dentro de determinados límites. En otras palabras, cada año la magnitud de la progresión de los incrementos resulta inferior a los del año precedente.

Por otra parte, y no por ello menos importante, la capacidad de trabajo especial del deportista se asegura mediante todo un complejo de cambios funcionales en el organismo, que puede presentar una tendencia de desarrollo diametralmente opuesta a lo anterior.

La observación del nivel de la capacidad de trabajo especial de los deportistas durante el proceso de entrenamiento permite establecer, ante todo, la gran diversidad de manifestaciones funcionales expresadas por la conducta de los diferentes indicadores. Incluso en los deportistas que se preparan bajo la dirección del mismo entrenador y según un determinado sistema, tales diferencias resultan muy marcadas.

Es lógico, por tanto, el interés que despiertan las condiciones objetivas que determinan la dinámica de los indicadores de la capacidad de trabajo del deportista durante los diferentes momentos del proceso de preparación. El mismo está relacionado con el problema de la elaboración de un modelo racional que permita pronosticar la conducta adaptativa del organismo del atleta durante el ciclo de preparación y con las exigencias para su aplicación, en las condiciones reales de la práctica; con la definición de las necesidades objetivas para determinado volumen de cargas y para la distribución racional de éstas en el tiempo.

Esto indica que se requiere la comprensión de las posibilidades reales y el significado de la magnitud de los cambios funcionales del organismo bajo la acción ininterrumpida del proceso de entrenamiento y del tiempo indispensable para ello. La respuesta a la interrogante que se deriva de lo anterior debe buscarse en las reservas funcionales de adaptación del organismo, en su magnitud y en la efectividad de los procedimientos prácticos para su empleo.

Cuando dichos elementos son conocidos pueden realizarse una valoración cuantitativa y una caracterización cualitativa de la capacidad de un organismo determinado para asimilar el entrenamiento con todos los efectos que ello implica. A este punto se puede llegar mediante procedimientos metodológicos diseñados para la evaluación de la capacidad funcional de adaptación, que depende del nivel de entrenamiento del deportista, de la especialidad que se entrena, de la calificación deportiva, del nivel alcanzado en la etapa de preparación precedente y de muchos otros factores.

Dicho de otra manera, para la determinación de la capacidad funcional de adaptación y el nivel umbral de los estímulos gene-

rados por el proceso de entrenamiento en cada deportista, procede tener en cuenta las reacciones de adaptación del organismo. En consecuencia, para lograr una adecuada orientación perspectiva de carácter práctico en la solución del cada vez más importante problema de la programación del entrenamiento – que se encuentra íntimamente relacionada con la adecuada interpretación de las reservas funcionales de adaptación – resultan indispensables investigaciones especialmente orientadas a la búsqueda de respuestas concretas para las siguientes interrogantes:

¿Cuál es el volumen óptimo y cuánto debe prolongarse la aplicación de cargas de entrenamiento ininterrumpidas para agotar las posibilidades de generación de reacciones de adaptación del organismo?

¿Cuántas de estas etapas, con sus correspondientes periodos de adaptación, es necesario planificar de manera continua para lograr el agotamiento pleno de las reservas funcionales del organismo ante determinado nivel de exigencia del entrenamiento?

¿Cuántas veces, dentro del ciclo anual, resulta permisible aplicar series de cargas concentradas con el objetivo de elevar la capacidad de trabajo especial del deportista?

Desarrollo

Es fácil apreciar que las tareas y exigencias que se plantean al trabajo investigativo experimental, y que se desprenden de los aspectos antes señalados son muy complejas, nunca han sido despejadas plenamente ni resueltas en su totalidad.

Sin embargo se sabe algo muy importante: el proceso de establecimiento de la maestría deportiva transita, necesariamente, por la adaptación funcional que se integra por el sistema de interacción interna y externa del organismo, que se modifica en determinada dirección como resultado de la actividad física del hombre.

En el organismo, este sistema, con el ordenamiento objetivo que le resulta propio, está condicionado ante todo, por sus características biológicas.

En la teoría y metodología del entrenamiento deportivo éste se define como un proceso pedagógico especializado, cuyo objetivo consiste en el logro de elevados resultados competitivos. Para ello, dentro del proceso de entrenamiento, se trabaja en la creación y perfeccionamiento de hábitos motores (técnica) y en el desarrollo de las cualidades biológicas (fuerza, rapidez, resistencia y flexibilidad), que determinan la capacidad de trabajo.

Muchas son las referencias bibliográficas que pudieran realizarse indicando *cómo* se entrena. Es muy amplia y abarcadora la experiencia mundial en este sentido y no constituye novedad, incluso, hablar de tendencias y hasta de escuelas, en función de los resultados deportivos más o menos descollantes en determinado deporte.

Sin embargo la precisión necesaria para el entrenador deportivo, la respuesta clara y objetiva que fundamenta científicamente el *¿Qué se entrena?*, es poco frecuente en la literatura especializada.

Es indispensable señalar que el entrenamiento deportivo es, en esencia, una agresión a la estabilidad del funcionamiento orgánico. Es decir, la aplicación de cargas de entrenamiento busca, ante todo, la modificación del estado funcional, creando una alteración de la homeostasis que propicie, de manera gradual, una reacción cada vez más adecuada a las exigencias del trabajo.

Esto quiere decir que el entrenamiento deportivo se proyecta para generar la adaptación del organismo al trabajo físico. Para lograr este fin se parte de situaciones plenamente conocidas pero poco relacionadas. La realización de un trabajo físico cualquiera genera reacciones prácticamente inmediatas en el comportamiento funcional, tanto de carácter somático como vegetativo, del organismo.

La sistemática presencia de dichas modificaciones, como consecuencia de la repetición del trabajo físico, conduce a la aparición de un estado más favorable para el cumplimiento de las tareas motoras que deben realizarse, lo que se conoce como efecto acumulativo o adaptación a largo plazo.

La aparición de dicho estado implica una mejoría de la capacidad de trabajo del deportista. La capacidad de trabajo es el punto de referencia principal dentro del proceso de entrenamiento, por ello la necesidad de subrayar que ella no es solo una expresión del desarrollo de la fuerza, la rapidez, la resistencia y la Movilidad articular como cualidades biológicas presentes en determinada persona que resulta entrenada, sino que también depende, y en grado muy significativo, de otros elementos como el dominio

de la técnica y de la táctica y del nivel alcanzado en la preparación psicológica del sujeto en cuestión. Por la razón apuntada vale interpretar la capacidad de trabajo como una manifestación de la combinación de los factores que la condicionan y constituyen los elementos que definen el nivel de entrenamiento de cada deportista.

Para valorar el grado o nivel de entrenamiento, así como las variaciones funcionales que ocurren en el organismo como consecuencia de la actividad física, en general se investigan en los deportistas tres manifestaciones diferentes del estado funcional: en condiciones de reposo fisiológico, el originado como respuesta a una carga física estándar y las reacciones orgánicas ante esfuerzos de carácter máximo.

Para el estudio del primero de estos estados, o sea, el que refleja el comportamiento del organismo en condiciones de reposo relativo o fisiológico, se han realizado investigaciones tanto en sujetos entrenados como no entrenados y también en los mismos sujetos antes y después de recibir cargas físicas durante un periodo de tiempo determinado. Las variaciones funcionales que genera un esfuerzo físico sistemático se manifiestan, fundamentalmente, durante la realización del trabajo. Sin embargo, incluso en estado de reposo se pueden apreciar diferencias sustanciales entre el organismo entrenado y el sometido a una vida sedentaria.

En las personas entrenadas se puede apreciar una mayor disponibilidad de sangre en el organismo. Como resultado del entrenamiento aumenta el contenido de hemoglobina, lo que favorece el suministro de oxígeno a los tejidos; la capacidad de oxigenación del sistema sanguíneo también aumenta así como la diferencia arterio-venosa para éste gas.

En sentido general, los cambios que se reportan en el estado de reposo no son de carácter significativo en lo que se relaciona con el sistema sanguíneo. En el organismo entrenado el efecto de la actividad física sistemática sobre este sistema se manifiesta, fundamentalmente, durante el esfuerzo.

La realización de las cargas de trabajo físico contempladas en el proceso de entrenamiento y durante las propias competencias deportivas, exige al músculo cardíaco del atleta un esfuerzo de gran magnitud para garantizar la impulsión de un enorme volumen de sangre a través de los conductos vasculares. Para poder soportar y responder a una exigencia funcional tan elevada el corazón debe estar muy desarrollado y es por ello que en los deportistas, como resultado del entrenamiento sistemático, se produce una dilatación funcional del miocardio, que se expresa en el engrosamiento de las fibras cardíacas y, como resultado de ello, del diámetro de las paredes del músculo; conjuntamente aumenta la capacidad de las cavidades del corazón lo que provoca el incremento del volumen cardíaco, siendo este indicador hasta un 30% más elevado en los deportistas que en los no deportistas.

En dependencia del volumen y de la intensidad de las cargas de trabajo físico aplicadas durante el entrenamiento se pueden observar, en deportistas de alta calificación, modificaciones en el volumen cardíaco luego de transcurrir 3-4 semanas de preparación.

La frecuencia de las contracciones cardíacas en los sujetos entrenados es menor, en condiciones de reposo, que en las personas que desarrollan una vida sedentaria. La disminución de la frecuencia del pulso, en dichas condiciones, es mucho más significativa en los deportistas que se especializan en modalidades deportivas en las que tiene una participación principal la resisten-

cia aerobia. En los corredores de maratón y los ciclistas de ruta se han registrado valores de frecuencia cardiaca en reposo asombrosamente bajos.

El desarrollo de esta manifestación de bradicardia, que dado su origen tiene un carácter funcional, transcurre en las etapas iniciales del proceso de entrenamiento deportivo sistemático, aproximadamente en los dos-tres primeros años, luego este indicador muestra pocos cambios en los distintos periodos de entrenamiento.

Debe señalarse que, en algunos casos, una disminución muy acentuada de la frecuencia de trabajo cardiaco, en condiciones de reposo, puede ser síntoma de algún trastorno del propio corazón; una bradicardia excesiva puede estar reflejando la influencia de sobrecargas que se ubican más allá de las posibilidades reales del deportista. Considerando este aspecto, se recomienda no juzgar el nivel de la capacidad cardiaca solo mediante el indicador de la frecuencia cardiaca en reposo.

El ritmo de las contracciones cardiacas en las personas entrenadas no siempre es uniforme y con gran frecuencia se destaca en los deportistas una gran arritmia sinusal, lo que pone de manifiesto que los impulsos que parten del nódulo seno auricular (marcapaso) no resultan equivalentes.

El análisis del registro electrocardiográfico muestra, en estos casos, que las contracciones del corazón se producen en intervalos de tiempo distintos. Se aprecia que existe una gran variabilidad de la frecuencia cardiaca en los deportistas que emplean, para la realización de su trabajo físico, la resistencia aerobia. Esta variabilidad en el ritmo del trabajo cardiaco puede asociarse al incremento del tono vagal (parasimpático) así como a las modificaciones en el balance electrolítico derivado de las pérdidas de

grandes volúmenes de sudor durante el cumplimiento de los esfuerzos físicos.

La arritmia sinusal es apreciable también en las edades infantiles sin que necesariamente tenga que mediar la práctica deportiva sistemática. En muchos casos se manifiesta de manera paralela a los ciclos respiratorios y por ello se le conoce como arritmia respiratoria.

En los deportistas no obedece a la misma razón ya que se manifiesta tanto durante la inspiración como durante la espiración. Si el valor de la arritmia oscila entre 0,10 y 0,15 seg; se denomina moderada; se considera expresiva si los valores se mueven entre 0,16 y 0,30 seg; si la diferencia supera los 0,30 seg, recibe la denominación de muy expresiva.

En los deportistas este tipo de arritmia puede aparecer, o acentuarse, durante el proceso de entrenamiento y modificar su comportamiento en función paralela con el incremento del nivel de preparación atlética. La presencia de la arritmia sinusal se considera como un indicador de la capacidad del músculo cardiaco, es decir, una manifestación de su capacidad de adaptarse rápidamente a las diferentes variantes que plantea la actividad humana.

El volumen sistólico es otro indicador importante para la evaluación del comportamiento cardiaco. En estado de reposo prácticamente no se aprecian diferencias entre los valores que se presentan en personas entrenadas y no entrenadas, por lo que su valoración, es decir, el cálculo del volumen sistólico en una sola ocasión no permite conocer el grado de entrenamiento del deportista.

Para lograr el objetivo antes señalado es preciso evaluar, en varias ocasiones, durante el desarrollo de las diferentes etapas del ciclo anual, la evolución del volumen sistólico, lo que permite

comprobar cómo se comporta el indicador, que debe presentar una tendencia a la disminución en la medida en que se incrementa el nivel de entrenamiento. Si se tiene en cuenta que la ejercitación física sistemática genera un incremento de las cavidades ventriculares y que, al mismo tiempo, disminuye el volumen sistólico, puede llegarse a la conclusión de que el desarrollo del nivel de entrenamiento propicia el aumento de volumen sanguíneo de reserva, es decir, no toda la sangre contenida en los ventrículos es expulsado hacia las arterias. En los ventrículos permanece una cantidad de sangre de reserva que es empleada, durante el esfuerzo, para aumentar la salida cardiaca. Cuando el nivel o grado de entrenamiento se pierde el volumen sistólico aumenta nuevamente,

Esa disminución del volumen minuto sanguíneo, en condiciones de reposo, cuando el atleta se encuentra en la etapa de capacidad de trabajo aumentada, se explica por la gran economía de los procesos oxidativos en el ámbito celular, lo que implica una menor necesidad de oxígeno y, por consiguiente, una menor cantidad de sangre circulando en la unidad de tiempo. A esto se suma que el propio trabajo del músculo cardiaco se realiza de manera más económica, lo que se expresa en una menor cantidad de contracciones por minuto (bradicardia) y una mayor eficiencia en cada contracción (potencia).

La presión arterial en los deportistas se encuentra entre los valores normales de las personas saludables que no practican deportes sistemáticamente. Sin embargo, la presión diastólica aumenta en la medida en que se eleva el grado de entrenamiento y, en etapas en las que el atleta alcanza su mayor capacidad de trabajo, se ubica entre 6- 10 mm de Hg. por encima de los valores normales. Esta situación, al igual que otros cambios, guarda estrecha relación con la gran economía de los procesos oxidativos

tisulares presentes en el organismo entrenado. Como se ha señalado antes los tejidos necesitan una menor cantidad de sangre circulando y por ello las arterias de pequeño diámetro y las arteriolas reducen su luz interna, lo que genera un incremento de la resistencia al flujo sanguíneo hacia la periferia durante la diástoles, que se traduce en la elevación de la presión diastólica. La disminución del grado de entrenamiento conduce, automáticamente, a un descenso gradual de la presión diastólica hasta valores normales.

La capacidad vital pulmonar aumenta en la medida en que se alcanzan niveles de entrenamiento superiores, siendo siempre mayor en los deportistas de más alta calificación. La frecuencia respiratoria en reposo, es algo menor en las personas entrenadas que en los sujetos sanos que mantienen una vida sedentaria; por su parte la profundidad de la respiración aumenta en comparación con las personas no entrenadas sistemáticamente.

Los indicadores fundamentales de la respiración externa – frecuencia y profundidad respiratorias, así como la ventilación pulmonar – en condiciones de reposo, se diferencian muy poco entre las personas entrenadas y las no entrenadas. Solo si se toma en consideración la máxima ventilación pulmonar voluntaria que sean capaces de realizar personas de ambos grupos, pueden detectarse diferencias significativas, pudiendo los hombres deportistas alcanzar hasta 2000 mL/Kg de peso corporal y las mujeres deportistas entre 1500 – 1700 mL/Kg.

La fisiología aplicada a la actividad física interpreta las cargas estándar como una carga modelo o tipo, que resulta asequible para todas las personas, idéntica tanto por la forma de realización como por la potencia y duración de la misma.

Está demostrado que, ante un mismo trabajo, el organismo entrenado requiere de menor cantidad de energía para su realización que el no entrenado.

La utilización de este tipo de carga para la valoración del estado funcional del organismo permite registrar resultados precisos, de gran objetividad, ya que brinda una amplia información sobre las reacciones fisiológicas de sujetos con diferentes niveles de entrenamiento y la comparación de los resultados es hasta tal punto informativa y clara que este método se ha convertido en uno de los más utilizados para evaluar el nivel de preparación de los deportistas.

Para los sujetos entrenados la demanda de oxígeno ante una carga estándar es menor y también resulta inferior la deuda formada durante el trabajo, sin embargo el ingreso de oxígeno es mayor como fracción de la demanda, en comparación con la proporción de ambos, que en los sujetos no entrenados, por consiguiendo un mismo esfuerzo se realiza por el organismo entrenado con un mayor suministro de oxígeno y, por ende, con una menor incorporación de los mecanismos anaerobios.

También se realiza el esfuerzo estándar con menor frecuencia cardíaca, no obstante, por la existencia de la bradicardia funcional, el incremento con relación al estado de reposo resulta mayor que en las personas no entrenadas. La presión arterial, en el organismo entrenado, aumenta durante el cumplimiento de este tipo de cargas; el comportamiento de la presión mínima y la presión media no se modifican en grado similar.

El nivel funcional del sistema de abastecimiento de oxígeno a los tejidos, durante la realización de cargas físicas de carácter estándar, es menor en el organismo entrenado. Al mismo tiempo se observa un menor volumen en la sudoración y, lógicamente,

un menor incremento de la temperatura corporal; además, las variaciones en la composición química tanto de la sangre como de la orina, son menos significativas.

Los resultados de numerosas investigaciones sobre las reacciones fisiológicas del organismo entrenado ante la realización de cargas físicas permiten identificar las siguientes características de comportamiento:

El organismo entrenado realiza el esfuerzo físico de carácter estándar de manera mucho más económica.

Las variaciones fisiológicas tan significativas que presenta el organismo no entrenado al cumplir con una carga de trabajo estándar, constituyen la consecuencia de una extraordinaria carencia de economía en el gasto energético lo que, a su vez, se deriva de la participación en la regulación del comportamiento funcional de mecanismo menos perfectos.

El mismo esfuerzo es menos agotador en la medida en que aumenta el grado o nivel de entrenamiento.

Para un organismo no entrenado un esfuerzo puede resultar relativamente difícil y su realización demandar un nivel de tensión propia de un ejercicio pesado, para ese organismo, que provoque el agotamiento y fundamentalmente la aparición de la fatiga. Por su parte para el atleta entrenado esa misma carga es relativamente ligera, se desarrolla sin dificultad y no provoca la fatiga.

Los puntos enunciados anteriormente reflejan el significado fisiológico del entrenamiento deportivo para el organismo: aumento de la capacidad de trabajo a expensas de una mayor economía en el funcionamiento de los distintos órganos y sistemas de órganos.

En la práctica deportiva la realización de un esfuerzo físico de carácter estándar es un hecho excepcional; lo común es encontrar, tanto en las sesiones de entrenamiento como durante el desarrollo de la competencia, la ejecución de esfuerzos que se caracterizan por el elevado nivel de exigencia que se plantea al atleta. Durante las competencias, la estandarización del esfuerzo puede estar localizada en la longitud de las distancias que se deben recorrer, sin embargo, la velocidad con que esta se vence dista mucho de ser uniformes.

Los deportistas con mejor preparación física cumplen con mayor rapidez el recorrido establecido y, por consiguiente, la potencia será mayor. En otras palabras, durante las competencias, el deportista intenta movilizar todas sus posibilidades funcionales y alcanzar el máximo resultado deportivo, trabajando en el límite de sus capacidades. Por esta razón constituye un gran interés profundizar en las variaciones fisiológicas durante el esfuerzo máximo, lo que permite tener una idea clara sobre las posibilidades fisiológicas de uno u otro deportista.

Los resultados de un significativo número de investigaciones fisiológicas realizadas durante el cumplimiento de esfuerzos máximos, ponen de manifiesto cambios funcionales sustancialmente diferentes a los encontrados cuando se realizan trabajos de carácter estándar. También las variaciones son superiores a las localizadas en personas no entrenadas.

El mayor grado o nivel de entrenamiento propicia una mayor respuesta fisiológica ante las cargas físicas máximas. A continuación se presentan las relaciones típicas de los principales sistemas del organismo ante la realización de este tipo de cargas.

Sistema sanguíneo. El esfuerzo físico máximo provoca una mayor acumulación de productos finales del metabolismo en la san-

gre de las personas entrenadas; como el deportista logra hacer un mayor trabajo, la concentración de estas sustancias tiene que ser mayor. Por ejemplo, en un sujeto con gran nivel de entrenamiento, la concentración de ácido láctico puede llegar a ser, ante un esfuerzo máximo, de 300 mg por cada 100 mL de sangre; sin embargo, una persona no entrenada no soporta la realización de un esfuerzo que eleve el lactato hasta las inmediaciones de 100 mg, es decir un nivel tres veces menor.

Esto pone de manifiesto que los sujetos entrenados soportan alteraciones profundas de la composición química de la sangre; la lactacidemia puede llegar a disminuir el pH sanguíneo hasta 7,12 durante el esfuerzo máximo, además resiste una disminución de las reservas de carbohidratos que se manifiesta en la reducción de la glucosa en sangre hasta dos veces por debajo de lo normal; el organismo no entrenado no soporta cambios similares.

Sistema cardiovascular: La frecuencia de contracciones cardíacas durante la realización de cargas de trabajo de carácter máximo, se localiza comúnmente entre 190-205 pulsaciones por minuto, reportándose en la literatura especializada casos de 220-240 contracciones del corazón en la unidad de tiempo indicada.

Como ya se ha señalado, el abastecimiento de oxígeno a los tejidos durante el esfuerzo máximo está limitado, básicamente, por la magnitud del volumen minuto sanguíneo. En los sujetos que poseen elevado nivel de entrenamiento este indicador puede llegar, durante el trabajo, hasta 35-40 L/min, mientras que en las personas no entrenadas solo se alcanzan cifras máximas de 20-25 L/min.

Al estudiar el sistema de suministro energético al organismo para garantizar la realización del trabajo muscular se puede con-

cluir que el máximo consumo de oxígeno es un índice integrador de las funciones cardiovasculares, respiratorias y sanguíneas.

Es evidente que el entrenamiento sistemático eleva en forma gradual y significativa las posibilidades funcionales ante la realización de cargas máximas, lo que se cumple no solo en lo que se refiere a la energética aerobia, sino también que influye en el perfeccionamiento de los mecanismos anaerobios.

De los aspectos antes señalados se pueden concluir no solo las ventajas que representan para el organismo mantener un alto nivel de entrenamiento, lo que se traduce en una cada vez más perfeccionada economía energética en la realización del trabajo, sino también que al seguir el comportamiento de estos indicadores, se puede diseñar un sistema de control para evaluar la marcha del proceso de entrenamiento.

La contracción muscular

Resulta ampliamente conocida la participación de la musculatura esquelética en la realización de todos los movimientos del cuerpo humano. Los restantes tipos de músculos presentes en el organismo (liso y cardíaco) no intervienen directamente en las acciones motoras ya que su regulación no es voluntaria.

El movimiento, en condiciones normales, solo es posible cuando ocurre la contracción del músculo que genera una tracción sobre su punto de inserción. La eficiencia y coordinación de ese movimiento depende, por una parte, del número de unidades motoras que participan en la contracción y por otro, de cómo estas se incorporan a la actividad.

Las unidades motoras difieren tanto en su estructura como en sus características funcionales, lo que está determinado tanto por las dimensiones del cuerpo de la moto-neurona como por el gro-

sor de su axón y por el número de fibras musculares que integren la unidad motriz.

Resulta que mientras mayor sea el cuerpo de la motoneurona más grueso será su axón y mayor la cantidad de fibras musculares que inerva, lo que trae como consecuencia que cada músculo, según sus dimensiones, está integrado por unidades motrices grandes y pequeñas.

Independientemente de sus dimensiones cada músculo está integrado por centenares de fascículos y cada fascículo por centenares de fibras musculares. La fibra muscular es una célula de forma cilíndrica que se encuentra cubierta por una fina membrana elástica denominada sarcolema, cuya estructura es semejante a la de las fibras nerviosas. La membrana de las células musculares desempeña un importante papel en la generación y conducción de la excitación.

Cada fibra muscular contiene una gran cantidad de miofibrillas y cada una de estas tiene unos 1500 filamentos de miosina y 3000 filamentos de actina, que son las moléculas proteicas encargadas de la contracción muscular. Los filamentos gruesos son de miosina y los finos de actina, que se colocan de manera interpuesta, dotando a la miofibrilla de bandas claras (I) y de bandas oscuras (A) alternadamente.

Las bandas claras presentan esa característica ya que están integradas, fundamentalmente, por filamentos delgados de actina, mientras que las bandas oscuras se componen de filamentos gruesos de miosina y de filamentos delgados de actina. La porción central de cada banda A presenta una formación más clara que se denomina H, que desaparece cuando se produce la contracción muscular. Por su parte, cada banda I se divide en dos partes iguales demarcadas por una especie de disco, denominado

línea Z. El espacio entre dos líneas Z se denomina sarcómero. Cuando la fibra muscular se contrae aparece un acercamiento entre las líneas Z, lo que indica que los sarcómeros se acortan.

Las observaciones realizadas en múltiples investigaciones han permitido concluir que durante la contracción muscular las dimensiones de las bandas A no se modifican, la longitud de las bandas I se reduce y desaparece la zona H de las bandas A. Esto permite afirmar que la contracción muscular es un proceso que se realiza gracias al deslizamiento de los filamentos de actina hacia la porción central de las bandas A.

Aún resulta discutida la forma concreta en que se realiza el desplazamiento de los filamentos de actina entre los de miosina, pero se acepta que los filamentos gruesos están formados por moléculas de miosina que presentan largas colas, en tanto que sus “cabezas” forman apófisis que llegan a los miofilamentos finos. Estas cabezas se ubican en dirección contraria entre si en ambas mitades del miofilamentos finos están constituidos por dos hilos de actina colocados en forma de espiral doble, orientados en ambas direcciones, partiendo de la línea Z. Gracias a esta forma de distribución de las moléculas de actina y miosina en las dos mitades correspondientes a la banda A, los miofilamentos actínicos se mueven desde ambos lados del sarcómero, entrecruzándose en el centro de ésta.

Se considera que cada uno de estos entrecruzamientos, conocidos como “puentes cruzados”, se moviliza sin tener en cuenta a los restantes, funcionando de modo alternativo y continuo. En correspondencia con ello, mientras mayor sea el número de puentes cruzados en contacto con los miofilamentos de actina en un momento determinado, mayor debe ser la fuerza de la contracción.

La puesta en funcionamiento del complejo sistema que se ha descrito, es decir, el acto de la contracción implica la existencia de trabajo y, por tanto, requiere energía. Ella aparece cuando las moléculas de ATP (Trifosfato de Adenosina) se desdoblán en ADP (Difosfato de Adenosina) y en los grupos de fosfatos (P) por la acción enzimática de la miosin-ATPasa.

En el músculo en reposo no se produce la escisión del ATP por la inferencia de la troponina, una proteína miofibrilar que, en esa situación, provoca su inactividad. Movilizar la troponina es una tarea que le corresponde a los iones de calcio, cuando son liberados por la presencia de un potencial de acción.

Cuando sobre una fibra nerviosa motora actúa una acción estimulante, ésta se transforma en un potencial bioeléctrico que se conoce como potencial de acción, y que es conducido a la placa terminal o sinapsis, punto de contacto con la fibra muscular.

El potencial de acción se propaga rápidamente sobre toda la membrana (sarcolema), difundiéndose al mismo tiempo hacia el interior de las fibras a través de los túbulos transversos (túbulos T), lo que produce la liberación de los iones de calcio que dejan de interferir la actividad miosin-ATPasa, propiciando el desdoblamiento del ATP y permitiendo la aparición de la energía necesaria para que los filamentos de actina se acerquen de manera progresiva, desarrollando el proceso de acortamiento. Una vez concluida la influencia del potencial de acción, todo el proceso se interrumpe y la fibra muscular retorna a su estado inicial.

Como se indicó antes, las fibras musculares esqueléticas no son exactamente iguales y esto se relaciona no solo con su estructura, sino también con su funcionamiento. Existen fibras que manifiestan una forma de contracción rápida, que tienen una importancia fundamental en las actividades motoras que exigen con-

tracciones musculares de gran intensidad y corta duración, tales como los saltos, el levantamiento de pesas, las carreras de distancias cortas, etc. Por otra parte, el organismo realiza acciones motoras que se caracterizan por reclamar contracciones musculares de moderada intensidad y larga duración, es el caso de las carreras de fondo, el ciclismo de ruta, etc.

La diferencia entre cada tipo de fibra está determinada por el nivel de actividad enzimática de cada una de ellas, específicamente de la miosin-ATPasa y de la glucógeno-fosforilasa y la fosfofructoquinasa, que intervienen en el metabolismo del glucógeno muscular y de la glucosa.

Las fibras de contracción rápida se encuentran mejor dispuestas para el trabajo en condiciones de insuficiencia de oxígeno o cuando la producción de ATP por vía aerobia es limitada. Por su parte, las fibras lentas pueden trabajar en esfuerzos de larga duración porque contienen mayores cantidades de enzimas mitocondriales que son las encargadas de la producción aeróbica del ATP.

Aunque las fibras rápidas y lentas tienden a ser empleadas en tareas específicas, durante la realización de esfuerzos prolongados tanto unas como otras se fatigan, lo que indica que si bien las fibras lentas se emplean fundamentalmente en los esfuerzos de larga duración, al fatigarse éstas, su lugar es ocupado por las fibras rápidas.

La existencia de ambos tipos de fibras y las características de su funcionamiento permitía pensar, inicialmente, que un régimen de entrenamiento específicamente dirigido a la resistencia podría modificar la proporción de fibras lentas en el músculo. Investigaciones posteriores pusieron de manifiesto que tal cosa no ocurre, modificándose solo la capacidad de ambos tipos de fibras

para producir ATP, de donde se deduce que la composición de las fibras rápidas y lentas con que nace la persona desempeña un importante papel en su futuro deportivo.

Aunque se ha prestado mucha atención a la estructura y funcionamiento de la fibra muscular, lo que se deriva de la importancia de su participación en el proceso de contracción, resulta evidente que en la realización del movimiento tienen que participar un elevado número de unidades motrices, es decir, músculos y grupos de músculos que permitan dar respuesta a las exigencias planteadas por la acción estimulante.

En condiciones normales los músculos esqueléticos responden a estímulos que provienen del encéfalo o de la médula espinal. Las contracciones musculares se clasifican en aisladas, cuando constituyen la respuesta a un solo estímulo y que, por no tener prácticamente presencia en el deporte, no serán consideradas; y contracciones musculares adicionadas, que no solo están presentes en la acción deportiva, sino también en las restantes manifestaciones motoras del organismo.

Cuando un músculo es estimulado de forma tal que el segundo estímulo llega cuando aún no se ha completado la respuesta al estímulo anterior (contracción y relajación) la tensión que éste es capaz de provocar en el músculo es superior a la del primero. Esto se explica al tomar en consideración que la acción de un estímulo reclama de un tiempo mínimo para realizar el reordenamiento estructural indispensable para lograr la máxima tensión.

Cuando aparece una cadena de dos o más estímulos, las contracciones se producen en rápida sucesión, los cambios estructurales logran completarse y puede lograrse mayor tensión muscular. Las contracciones pueden manifestarse de manera completa, tetanización, cuando la frecuencia de estimulación es tan alta que

no permite la relajación del músculo; también puede ser de carácter incompleto cuando la frecuencia de los estímulos no es tan elevada y permite la relajación muscular parcialmente.

La tensión desarrollada por los músculos durante la contracción se pone de manifiesto en las más variadas formas. Si la resistencia externa es inferior a la tensión generada en el músculo el resultado es que éste se acorta y aparece el movimiento con un tipo de contracción concéntrica, también conocida como ausotónica o miométrica. Si la resistencia externa es superior a la tensión que puede generar el músculo durante la contracción, entonces éste se alarga, ocurriendo un tipo de contracción excéntrica o pliométrica.

Estos tipos de contracciones se relacionan con el trabajo dinámico, es decir, con el trabajo que exige modificaciones longitudinales del músculo. En consecuencia, para lograr contracciones musculares lo suficientemente intensas y prolongadas como para provocar el movimiento resulta indispensable que sobre el tejido actúen un número importante de estímulos de manera continua.

La frecuencia de estimulación debe ser, por tanto, lo suficientemente alta como para provocar que el efecto contráctil de cada estímulo se incorpore al precedente y suficientemente baja como para que dicho efecto no surja en el tiempo que corresponda al período refractario absoluto de la fibra.

Cuando se alcanza una frecuencia de estimulación que logre cumplir estos aspectos, el grado de tensión de la fibra incrementa de manera gradual, pudiéndose alcanzar los valores máximos y mantenerlos durante el tiempo que se mantenga la excitación.

Los principios fisiológicos enunciados son también válidos para una forma de contracción tetánica que no implica movimiento: la contracción isométrica que se presenta cuando, ante conside-

rables modificaciones de la tensión del músculo, sus dimensiones permanecen invariables. En este tipo de contracción muscular la fuerza aumenta progresivamente hasta alcanzar su valor máximo; si la acción estimulante se prolonga la fuerza disminuye también de manera progresiva como consecuencia de la aparición de la fatiga.

De lo señalado hasta aquí queda claro que el incremento de la tensión en el músculo depende del nivel de excitación que se manifieste en las unidades motrices, estructura básica que garantiza la contracción, que se conforma por una neurona motora localizada en la médula espinal y por todas las fibras musculares que son inervadas por dicha neurona.

El número de fibras musculares que son inervadas por cada motoneurona varía desde una hasta varios cientos, en dependencia del grado de precisión que se requiera de cada plano muscular.

Como lo indica su nombre, cuando la unidad motriz es excitada, todas las fibras musculares se contraen prácticamente de manera simultánea, es decir, no resulta posible que algunas fibras de una unidad motriz se relajen mientras otras se contraen. Además si las fibras musculares de una determinada unidad motriz son estimuladas con la suficiente fuerza, el nivel de contracción alcanza un grado máximo. Este principio es conocido como “*ley del todo o nada*” que establece que bajo determinadas condiciones o se contraen todas las fibras de la unidad motriz o no se contrae ninguna de ellas. Bajo este concepto es posible interpretar el proceso funcional que permite la contracción gradual del músculo.

Las unidades motrices integradas a un plano muscular solo se activan de manera simultánea cuando aparece un nivel de estimulación máximo. Si la situación no es esa, por ejemplo, ante contracciones submáximas, unas unidades motrices se encuen-

tran trabajando en tanto otras se encuentran en estado de reposo, en un proceso continuo de intercambio que impide o retarda la aparición de la fatiga en las diferentes unidades.

Esta forma de trabajo muscular recibe el nombre de asincrónica, y es la que posibilita la realización de las contracciones voluntarias. Si se eleva la frecuencia de estimulación ante la cual se produce la activación de determinado número de unidades motrices, de modo que disminuya el tiempo de reposo de estas, aumenta el número total de unidades participantes en la contracción y puede lograrse una mayor fuerza. Esto pone de manifiesto que el indicador de fuerza que puede lograr un músculo en una situación determinada depende del número de unidades motrices que se encuentran activadas en ese momento.

Todo el proceso contráctil de las fibras musculares, que en consecuencia define la participación de las unidades motrices, está sometido a la regulación del sistema nervioso. Esto no solo resulta necesario para la realización de diferentes movimientos, sino también para garantizar una posición determinada del cuerpo y de cada uno de los segmentos que la integran.

El sistema nervioso central (SNC) debe desarrollar una cuidadosa selección en los planos musculares que participan en cada acción motora, el momento en que se incorporará cada uno de ellos al trabajo y, además, regular el grado de tensión que deberá desarrollar para realizar el movimiento o mantener la postura.

Para solucionar la última de las tareas indicadas es preciso que el sistema nervioso central, utilice tres mecanismos.

Número de unidades motrices activadas

Se considera unidad motriz activada aquella cuya motoneurona envía impulsos que son respondidos por las fibras musculares.

En la medida en que sea mayor el número de unidades activadas en un músculo más elevada será la tensión que éste desarrolle.

La participación de mayor o menor cantidad de unidades motrices está determinada por la intensidad de las acciones estimulantes a las que son sometidas las motoneuronas que se integran a determinado plano muscular, por la acción de estructuras nerviosas de niveles superiores de la corteza motora y de los centros motores subcorticales. Teniendo en cuenta que todo músculo es innervado por diversos tipos de motoneuronas, las acciones estimulantes que actúan sobre él pueden revestir diferentes características, de forma tal que la excitación de un plano muscular puede manifestarse en variados niveles de tensión muscular dependiendo de que la acción estimulante proceda de motoneuronas pequeñas o grandes.

En correspondencia con la envergadura de la unidad motriz, el mecanismo de incorporación de éstas al trabajo se rige por la “ley de las dimensiones”. En correspondencia con ésta ley, las pequeñas unidades motrices participan de manera activa ante cualquier grado de tensión del músculo, sin embargo las de mayores dimensiones solo intervienen cuando el nivel de tensión muscular es muy elevado. Esto obliga a pensar que si se pretende desarrollar el grado de tensión máxima que puede generar el músculo no es posible lograrlo empleando cargas de trabajo que generen niveles de excitación de carácter moderado.

Régimen de actividad de las unidades motrices

Como se ha indicado antes, en la medida en que se aumenta la frecuencia de impulsos que, procedentes de la motoneurona, llegan a la estructura motora, mayor será el grado de tensión que desarrolla la unidad motriz y más importante el aporte que ésta

realiza a la tensión general del músculo. Por ello resulta de extraordinaria importancia la regulación de la motoneurona como mecanismo para determinar el grado de tensión del músculo.

La frecuencia de estímulos procedente de la motoneurona está directamente relacionada con la intensidad de la excitación a la cual éstas son sometidas. Si la intensidad es de poca significación trabajan, fundamentalmente, las motoneuronas de bajo umbral y la frecuencia es relativamente pequeña; en este caso las unidades motoras se encuentran en régimen de contracción aisladas y la actividad se manifiesta en una contracción débil y de reducido gasto energético. Esta forma de contracción es común encontrarla en el esfuerzo físico necesario para mantener la posición vertical del cuerpo. De esta manera puede explicarse por que la lenta actividad de los músculos pueden prolongarse durante varias horas sin que se presente la fatiga.

Cuando se incrementa la acción de influencias excitantes sobre la motoneurona que llega a determinado músculo se produce un aumento de la tensión. Debe tenerse en cuenta que, en este caso, el aumento de la intensidad conduce no solo a la incorporación al trabajo de motoneuronas que antes se encontraban en estado de reposo, sino también al incremento de la frecuencia de estímulos de estas con relación a los impulsos de motoneuronas con niveles de excitación más bajos. Esto implica que las motoneuronas de umbrales mayores no están en condiciones de asimilar un régimen de trabajo de alta frecuencia, sin embargo las pequeñas motoneuronas, de bajo umbral de excitación, si generan una alta frecuencia y provocan que las pequeñas unidades motrices activas trabajen en un régimen de contracciones adicionadas.

De aquí se desprende que para lograr grandes tensiones musculares es preciso provocar una elevada frecuencia de estímulos

que generen la aparición de contracciones tetánicas en las unidades motrices que participan en el trabajo, pero ello implica que este nivel de tensión del músculo pueda mantenerse por corto tiempo.

Relación en tiempo de la actividad de diversas unidades motoras

Uno de los aspectos de los cuales depende la tensión que pueda generar un músculo es la relación en tiempo de los impulsos emitidos por las diferentes motoneuronas que lo inervan. Si todas las unidades motrices de un músculo se logran contraer de manera sincrónica, la tensión general que puede lograrse es muy alta pero su oscilación resulta muy acentuada. Si el trabajo se realiza de manera asincrónica, el valor de la tensión generada es menor pero se obtiene un nivel de estabilidad muy alto.

En consecuencia, mientras mayor sea el número de unidades motrices que participan en el trabajo asincrónicamente las oscilaciones serán menores y la realización de los movimientos se efectuará con mayor ligereza y precisión.

Si el carácter de la contracción exige del músculo, tanto por la frecuencia como por la intensidad de los estímulos, una contracción incompleta, el tiempo de la actividad de sus unidades motrices prácticamente no tiene importancia para la magnitud desarrollada.

Ocurre lo contrario en los esfuerzos intensos de corta duración, donde la sincronización de la actividad generada por los estímulos en la motoneurona desempeña un singular papel al influir en la rapidez del desarrollo de la tensión, es decir, en la magnitud del “*gradiente de fuerza*”.

Esta sincronización está particularmente presente al iniciarse movimientos rápidos contra una gran carga externa y depende de que, al iniciarse el trabajo, la frecuencia de estímulos emitidos por las motoneuronas es mayor que en lo sucesivo.

Las posibilidades de coincidencias de los ciclos contráctiles de numerosas unidades motrices son muy elevadas, en correspondencia con la alta frecuencia inicial de impulsos y la actividad de una gran cantidad de motoneuronas. En consecuencia con ello, la rapidez del incremento del grado de tensión del músculo depende tanto del número de unidades motrices activadas como de la frecuencia inicial y el grado de sincronización de los impulsos emitidos por las motoneuronas que lo inervan.

Todo el proceso de la contracción muscular que se ha estado señalando es posible solo cuando existe un caudal energético capaz de garantizarlo. Como se describe en otra parte, las vías que emplea el organismo para satisfacer sus necesidades energéticas totales, incluyendo la actividad muscular son muy variadas.

Los músculos son estructuras funcionales especializadas que transforman la energía química en trabajo mecánico que, en su situación particular, equivale a la tensión del músculo. El trabajo muscular aparece durante su acortamiento o extensión (dinámico) o cuando el esfuerzo no implica movimiento (estático). Para valorar la actividad de los músculos, como regla, se toma en consideración solo el trabajo externo que ellos realizan. La forma más simple de evaluar el trabajo muscular (W) se limita a considerar la acción que el músculo desarrolla al elevar una carga hasta determinada altura y su cálculo se realiza tomando en cuenta el peso de la carga (P) que se multiplica por la altura del levantamiento (h) y se expresa en Kilográmetros:

$$W = P \times h = \text{Kgm.}$$

La magnitud del trabajo realizado por la estructura muscular depende de la carga externa que sobre ella actúa. El trabajo mecánico externo que genera el músculo aumenta inicialmente en correspondencia con el incremento de la carga hasta cierto nivel, a partir del, cual se observa una disminución, lo que evidencia que los mejores resultados se logran ante cargas de valores medios. Otro factor que determina la calidad del trabajo externo que puede cumplir un plano muscular está relacionado con la rapidez de la contracción: también en este caso el trabajo externo que desarrolla el músculo es mayor cuando la rapidez de la contracción se localiza en sus valores medios. Ocurre esto porque cuando la rapidez de la contracción es muy alta se debe dedicar una parte considerable de la energía a superar la fricción interna; cuando el proceso contráctil es muy lento se requiere que una parte de la energía disponible se dedique a sostener el grado de tensión alcanzado y no a la contracción propiamente.

La “*ley de las cargas y rapidez medias*” de la contracción muscular determina en medida considerable la eficiencia mecánica, es decir, el nivel de transformación de la energía química en trabajo. Cuando se realiza una actividad física cualquiera, solo una parte de la energía se convierte en trabajo mecánico, el resto, la mayor parte, se transforma en calor. Por esta razón el gasto energético total (E) es la resultante de la sumatoria de la energía empleada para el trabajo en sí mismo (W) y de la que se utiliza para la producción de calor (K), lo que permite plantear la siguiente fórmula: $E = W + K$. La eficiencia de la contracción, también conocido como coeficiente de trabajo mecánico, es la relación porcentual entre la energía que se emplea en el trabajo externo, expresada en calorías, sobre la energía total empleada, de tal suerte que:

$$R = (W/E) \times 100$$

En la práctica deportiva lo más usual para determinar el gasto de energía es recurrir al consumo de oxígeno. Por esta vía es posible calcular la eficiencia del trabajo mecánico, conociendo el volumen de oxígeno consumido durante el esfuerzo y en la etapa de recuperación. Para ello se recurre al siguiente planteamiento:

$$R = 0,49 (W/E) \cdot 100$$

En esta fórmula 0,49 es el coeficiente de equivalencia entre el trabajo mecánico y el volumen de oxígeno consumido con una productividad máxima (se requiere de 0,49 mL de oxígeno para realizar 1 Kgm de trabajo). Si para realizar un trabajo de 100 Kgm se requieren 280 mL de oxígeno, la eficiencia será:

$$R = (0,49 \times 100) / 280 = 17,5$$

Ante esta situación, planteada a manera de ejemplo, se define la productividad de manera general ya que el oxígeno consumido no solo se emplea para el trabajo muscular directamente vinculado a la actividad física específica sino que tiene que responder por las estructuras orgánicas que se encargan de su aseguramiento. De ello debe entenderse que la eficiencia de la contracción muscular propiamente, sea un poco más baja.

Los indicadores más elevados de eficiencia se registran cuando el trabajo que se realiza reclama la participación de un gran número de planos musculares. Esto quiere decir que la efectividad de la contracción muscular sufre modificaciones en correspondencia con las condiciones en que se cumple el trabajo. La eficiencia se modifica de acuerdo con el nivel de entrenamiento del deportista; al aumentar éste se produce una disminución del gasto energético (del consumo de oxígeno) al realizar un trabajo externo igual. La elevación de la productividad que se indica está determinada por tres factores fundamentales:

- Se perfecciona el suministro de oxígeno a los tejidos.
- Aumenta la capacidad de coordinación de los movimientos.
- Se incrementa la fuerza de los músculos, lo que posibilita realizar trabajos más intensos.

Es necesario destacar que el aumento de la productividad sólo se manifiesta en los músculos entrenados; esto quiere decir que resulta un proceso muy específico, que el entrenamiento de carácter general modifica en muy pequeña escala la productividad durante esfuerzos musculares de carácter local. Indica, además, que aplicando ejercicios muy bien seleccionados resulta posible esperar un aumento sustancial de la productividad del trabajo.

Bibliografía

- Ayora y col. (1997) Aportaciones al estudio de la actividad física y el deporte. Instituto Valenciano de Educación Física. Valencia. España.
- Guerrero, L. (2010) Fisiología del ejercicio. Teoría y práctica. consejo de publicaciones. Universidad de Los Andes. Mérida. Venezuela.
- León, M. (2004) Bioquímica. Bases para la actividad física. Editorial Deportes. INDER. LA Habana.
- Martínez G y A. Córdova (2001) Fisiología especial. Colección biomedicina aplicada al rendimiento deportivo. Editorial Gymnos. Madrid.
- Zaldívar, B. (2011) ¿Qué se entrena? Bases fisiológicas de la adaptación al entrenamiento deportivo. Editorial Deportes. INDER. LA Habana.
- Zaldívar, B y col. (2018) Entrenamiento deportivo y salud. Editorial Deportes. INDER. LA Habana. (Material en soporte digital en proceso editorial).
- Zaldívar, B. y col. (2019) Fisiología humana en la actividad física. Editorial “F. Varela” (Material en soporte digital en proceso editorial).

¿Qué se entrena? ha sido maquetado con la plantilla EDU-NIV en *Libre Office Writer*, tipos *Times New Roman* 10/12 y *Verdana* 11/24, en el mes de abril de 2020.